

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer:

**0 292 055**  
**A2**

970/001 EP  
disclosed (8)

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 88200941.8

(51) Int. Cl.<sup>4</sup>: **H01J 35/02 , H01J 35/12 ,**  
**G21K 3/00**

(22) Anmeldetag: 11.05.88

(30) Priorität: 18.05.87 DE 3716618

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
23.11.88 Patentblatt 88/47

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT DE FR GB NL

(71) Anmelder: Philips Patentverwaltung GmbH  
Wendenstrasse 35 Postfach 10 51 49  
D-2000 Hamburg 1(DE)

(84) DE

(71) Anmelder: N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken  
Groenewoudseweg 1  
NL-5621 BA Eindhoven(NL)

(84) FR GB NL AT

(72) Erfinder: Harding, Geoffrey, Dr.  
Franzosenkoppel 110a  
D-2000 Hamburg 53(DE)

(74) Vertreter: Hartmann, Heinrich, Dipl.-Ing. et al  
Philips Patentverwaltung GmbH  
Wendenstrasse 35 Postfach 10 51 49  
D-2000 Hamburg 1(DE)

(54) **Strahlenquelle zur Erzeugung einer im wesentlichen monochromatischen Röntgenstrahlung.**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf eine Fluoreszenz-Strahlenquelle, bei der eine einen Körper umschließende Anode auf ihrer dem Körper zugewandten Seite von Elektronen getroffen wird und wobei die in der Anode erzeugte primäre Röntgenstrahlung in dem Körper eine Fluoreszenzstrahlung erzeugt. Vorzugsweise ist der Körper im Innern eines ihn umschließenden Schirms angeordnet, der Streuelektroden von dem Körper fernhält.

EP 0 292 055 A2

## Strahlenquelle zur Erzeugung einer im wesentlichen monochromatischen Röntgenstrahlung

Die Erfindung betrifft eine Strahlenquelle zur Erzeugung einer im wesentlichen monochromatischen Röntgenstrahlung mit einer Kathode zur Erzeugung von auf eine Anode beschleunigten Elektronen und mit einem von der Anode umschlossenen kegelförmigen Körper, der auf ihn auftreffende Röntgenstrahlung in Fluoreszenzstrahlung umsetzt und der mit seinem sich verjüngenden Ende auf einen Strahlenaustritt weist.

Eine solche Strahlenquelle ist aus der DE-OS 22 59 382 bekannt. Die monochromatische Strahlung wird bei dieser Strahlenquelle durch die Fluoreszenzstrahlung gebildet, die von dem Körper ausgeht, wenn er durch primäre Röntgenstrahlung getroffen wird. Die primäre Röntgenstrahlung wird durch einen an geeigneter Stelle befindlichen Kollimator unterdrückt.

Bei der bekannten Strahlenquelle ist die Anode als sogenannte Transmissionsanode ausgebildet, d.h. sie wird auf ihrer Außenfläche von Elektronen getroffen und die Röntgenstrahlung, die auf den kegelförmigen Körper auftrifft, tritt aus der Innenfläche aus. Die Dicke der Anode muß ein Kompromiß sein zwischen den gegensätzlichen Forderungen, einerseits möglichst alle Elektronen zu absorbieren und andererseits die erzeugte Röntgenstrahlung möglichst wenig zu schwächen. Dabei ergeben sich relativ geringe Dicken, woraus eine schlechte Wärmeabfuhr und damit eine begrenzte Röhrenbelastbarkeit resultieren.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Strahlenquelle der eingangs genannten Art so auszugestalten, daß sich eine erhöhte thermische Belastbarkeit ergibt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Anode auf ihrer dem Körper zugewandten Innenfläche von den aus der Kathode emittierten Elektronen getroffen wird.

Da bei dieser Bauform der Anode nur deren Innenfläche dem Elektronenbeschuß ausgesetzt und Ausgangspunkt der Röntgenstrahlung ist, kann die Wärme wesentlich besser aus der Anode abgeführt werden, beispielsweise durch eine Flüssigkeitskühlung und/oder dadurch, daß eine relativ dickwandige Anode verwendet wird.

Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, daß die dem Körper zugewandte Innenfläche der Anode die Form eines sich zum Strahlenaustritt hin verjüngenden Kegelstumpfmantels aufweist. Bei dieser Ausgestaltung, bei der das sich verjüngende Ende der Anode dem Strahlenaustritt und das sich erweiternde Ende der Kathode zugewandt ist, ergibt sich eine relativ gleichmäßige Verteilung der Elektronen über die Anodenfläche, so daß auch die thermische Belastbarkeit gleichmäßig wird.

Eine andere Weiterbildung sieht vor, daß die Anode aus einem massiven Metallblock besteht, der auf seiner Innenfläche mit einer schweratomigen Metallschicht versehen ist. Das Material des Metallblocks der Anode kann dabei aus einem thermisch gut leitenden Werkstoff bestehen, beispielsweise Kupfer, während das Metall auf der Innenfläche im Hinblick auf eine möglichst hohe Fluoreszenzstrahlungsausbeute gewählt werden kann.

Eine andere Weiterbildung sieht vor, daß das Material für die Innenfläche der Anode und die Außenfläche des Körpers so gewählt ist, daß die aus der Anode emittierte charakteristische Röntgenstrahlung eine Energie besitzt, die geringfügig größer ist als die K-Absorptionskante des Körpers. Da Röntgenstrahlung, deren Energie geringfügig oberhalb der Absorptionskante eines Materials liegt, in diesem zu einem besonders hohen Prozentsatz in Fluoreszenzstrahlung umgesetzt wird, ergibt sich dadurch eine vergrößerte Intensität der Fluoreszenzstrahlung.

Nach einer anderen Weiterbildung ist vorgesehen, daß sich zwischen der Anode und dem Körper ein den Körper umschließender zylinderförmiger Metallschirm befindet, der die Röntgenstrahlung nur geringfügig schwächt. Der Schirm absorbiert die Sekundärelektronen und verhindert, daß dadurch in dem Körper Röntgenstrahlung mit einer von der Energie der Fluoreszenzstrahlung abweichenden Energie erzeugt wird.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der Zeichnung näher erläutert, die einen Querschnitt durch einen Teil einer erfindungsgemäßen Strahlenquelle zeigt.

Die rotationssymmetrisch ausgebildete Strahlenquelle besitzt ein zylinderförmiges Gehäuse 1, an dem über einen Keramikisolator 2 eine Kathodenanordnung 3 mit einer ring- oder spiralförmigen Kathode 4 befestigt ist. Im Betriebszustand wird aus der Kathode ein durch die gestrichelten Linien 4a angedeutetes Elektronenbündel emittiert, das auf die Innenfläche einer Anode trifft, die wie der Mantel eines Kegelstumpfes geformt ist. Dadurch ergibt sich eine relativ gleichmäßige Verteilung der Elektronen auf der Anodeninnenfläche.

Die Anode besteht aus einem Metallblock 5a aus thermisch gut leitenden Material, vorzugsweise Kupfer, das auf seiner Innenfläche mit einer schweratomigen Metallschicht beschichtet ist, in der durch den Elektronenbeschuß Röntgenstrahlung entsteht.

Die Röntgenstrahlung trifft durch einen dünnen zylindrischen Schirm 6 hindurch auf ein Target 7, das auf seiner von der Kathode abgewandten Seite

kegelförmig gestaltet ist und die auf ihn auftreffende Primärstrahlung in im wesentlichen monochromatische Fluoreszenzstrahlung umsetzt.

Der Schirm 6, der das Target 7 trägt, hat die Aufgabe, Streuelekttronen vom Target 7 fernzuhalten. Diese Streuelekttronen würden beim Auftreffen auf das Target 7 ein unerwünschtes Bremsstrahlungsspektrum erzeugen. Um zu vermeiden, daß einerseits der Schirm 6 zuviel primäre Röntgenstrahlung absorbiert und andererseits durch auftreffende Streu- oder Sekundärelektronen selbst Röntgenstrahlung emittiert, ist der Schirm 6 so dünnwandig wie aus mechanischen Gründen gerade noch zulässig und besteht aus einem niederatomigen Material, z.B. Titan.

Das offene Ende des Schirms, dem die Spitze des kegelförmigen Targets 7 zugewandt ist, bildet den Strahlenaustritt 9 für die erzeugte Fluoreszenzstrahlung. Die von der Anode 5a, 5b ausgehende primäre Röntgenstrahlung wird von einer Kollimatoranordnung 8 unterdrückt, in deren Zentrum der Schirm 6 vakuumdicht angebracht ist. Der Kollimator besteht aus einem strahlenabsorbierenden Material oder mehreren in Richtung der Symmetrieachse gegeneinander versetzten Platten aus einem solchen Material, wobei die Dicke des Kollimators bzw. der Abstand der äußeren Platten dieses Kollimators so gewählt sind, daß von der Anode aus gehende primäre Röntgenstrahlung auf den Kollimator treffen muß, bevor sie den Strahlenaustritt 9 erreicht.

Die Energie der Fluoreszenzstrahlung hängt von dem Material des Targets ab. Wenn Tantal als Material gewählt wird, ergibt sich eine Energie der Fluoreszenzstrahlung von 57,5 keV ( $K\alpha_1$ -Linie). Wenn eine Fluoreszenzstrahlung mit höherer oder niedrigerer Energie erzeugt werden soll, muß das Tantaltarget durch eine Target ersetzt werden, das aus einem Element oder einer Legierung mit höherer bzw. niedrigerer Ordnungszahl besteht. Die Röhrenspannung (ausgedrückt in kV) muß dabei jeweils etwa doppelt so groß sein wie die Energie der Fluoreszenzstrahlung (ausgedrückt in keV). Um zwecks Erzeugung von monochromatischer Strahlung mit unterschiedlicher Wellenlänge aus unterschiedlichem Material bestehende Targets verwenden zu können, ist es zweckmäßig, das Target lösbar, z.B. durch eine Schraubverbindung, mit dem Schirm zu verbinden. Der Schirm muß dabei so gestaltet sein, daß er das Innere des evakuierten Gehäuses der Strahlenquelle hermetisch nach außen hin abschließt.

Die Schicht 5b, in der die primäre Röntgenstrahlung erzeugt wird, hat eine hohe Ordnungszahl und ist zweckmäßigerweise so gewählt, daß die Energie der in dieser Schicht erzeugten charakteristischen Strahlung geringfügig oberhalb der K-Absorptionskante des Targets 7 liegt, weil

sich dabei eine besonders gute Umsetzung in Fluoreszenzstrahlung ergibt. Wenn das Target aus Tantal besteht (K-Absorptionskante bei 67,4 keV), wird diese Bedingung durch eine Schicht 5b aus Gold ( $K\alpha$ -Linie bei 68,8 keV) erfüllt.

Wie bereits erwähnt, ist die Schicht 5b auf einen massiven Metallblock 5a vorzugsweise aus Kupfer aufgebracht. Die Rückseite dieses Kupferblocks wird von einer Kühlflüssigkeit gekühlt, die in einen zum Röhreninnern hin hermetisch abgedichteten Hohlraum 10 um den Kupferblock herum in nicht näher dargestellter Weise von außen einströmt. Da die Anode 5a, 5b ebenso wie das Gehäuse 1 und der Kollimator 8 Massepotential führen, wird als Kühlflüssigkeit vorzugsweise Wasser eingesetzt. Anstelle eines von einem Hohlraum für die Kühlung umschlossenen Metallblocks kann auch ein Metallblock eingesetzt werden, in den bereits Kühlkanäle, beispielsweise in Spiralförmigkeit, eingearbeitet sind. Dadurch läßt sich bei geeigneter Auslegung die Kühlfläche und damit auch die maximal zuführbare elektrische Leistung vergrößern.

Die auf dem Target 7 erzeugte Fluoreszenzstrahlung ist nicht völlig monochromatisch. Dies liegt daran, daß außer der erwünschten  $K\alpha$ -Linie auch andere Linien angeregt werden, z.B. die höherenergetische  $K\beta$ -Linie oder L-Linien mit wesentlich niedrigerer Energie. Die  $K\beta$ -Linie kann durch ein im Strahlenaustritt angeordnetes Strahlenfilter unterdrückt werden, das aus einem Material besteht, dessen Absorptionskante zwischen der  $K\alpha$ - und der  $K\beta$ -Linie liegt. Bei einem Tantaltarget eignen sich als Strahlenfilter Filter aus Ytterbium oder Thulium. Die weichen Linien können gegebenenfalls durch das gleiche Filter oder durch ein Filter aus einem Material mit einer niedrigeren Ordnungszahl unterdrückt werden, das so bemessen ist, daß die erwünschte  $K\alpha$ -Linie nur unwesentlich geschwächt wird, während die L-Linien weitgehend unterdrückt sind.

## Ansprüche

1. Strahlenquelle zur Erzeugung einer im wesentlichen monochromatischen Röntgenstrahlung mit einer Kathode (3, 4) zur Erzeugung von auf eine Anode (5a, 5b) beschleunigten Elektronen und mit einem von der Anode umschlossenen kegelförmigen Körper (7), der auf ihn auftreffende Röntgenstrahlung in Fluoreszenzstrahlung umsetzt und der mit seinem sich verjüngenden Ende auf einen Strahlenaustritt weist,

dadurch gekennzeichnet, daß die Anode auf ihrer dem Körper (7) zugewandten Innenfläche (5b) von den aus der Kathode (4) emittierten Elektronen getroffen wird.

2. Strahlenquelle nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Kathode (4) auf  
der vom Strahlenaustritt abgewandten Seite an-  
geordnet ist und Ring- oder Spiralforn aufweist.

3. Strahlenquelle nach einem der vorhergehen-  
den Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, daß die dem Körper zu-  
gewandte Innenfläche (5b) der Anode die Form  
eines sich zum Strahlenaustritt hin verjüngenden  
Kegelstumpfmantels aufweist.

4. Strahlenquelle nach einem der Ansprüche 1  
bis 3,

dadurch gekennzeichnet, daß die Anode auf ihrer  
Außenfläche mit einer Kühlflüssigkeit kühlbar ist.

5. Strahlenquelle nach einem der vorhergehen-  
den Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, daß die Kathode an nega-  
tives Hochspannungspotential und die Anode an  
Erddpotential angeschlossen sind und daß als Kühl-  
mittel Wasser dient.

6. Strahlenquelle nach einem der vorhergehen-  
den Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, daß die Anode aus einem  
massiven Metallblock (5a) besteht, der auf seiner  
Innenfläche mit einer schweratomigen Metallschicht  
(5b) versehen ist.

7. Strahlenquelle nach einem der vorhergehen-  
den Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, daß das Material für die  
Innenfläche der Anode und die Außenfläche des  
Körpers so gewählt ist, daß die aus der Anode  
emittierte charakteristische Röntgenstrahlung eine  
Energie besitzt, die geringfügig größer ist als die  
K-Absorptionskante der Außenfläche des Körpers.

8. Strahlenquelle nach Anspruch 7,

dadurch gekennzeichnet, daß die Anode zumindest  
im Bereich der Innenfläche aus Gold besteht und  
daß der Körper aus Tantal besteht.

9. Strahlenquelle nach einem der Ansprüche 1  
bis 8,

dadurch gekennzeichnet, daß sich zwischen der  
Anode und dem Körper ein den Körper um-  
schließender zylinderförmiger Metallschirm (6) be-  
findet, der die Röntgenstrahlung nur geringfügig -  
schwächt.

10. Strahlenquelle nach Anspruch 9,

dadurch gekennzeichnet, daß der Schirm (6) den  
Körper (7) trägt und das Gehäuse der Strahlen-  
quelle vakuumdicht abschließt.

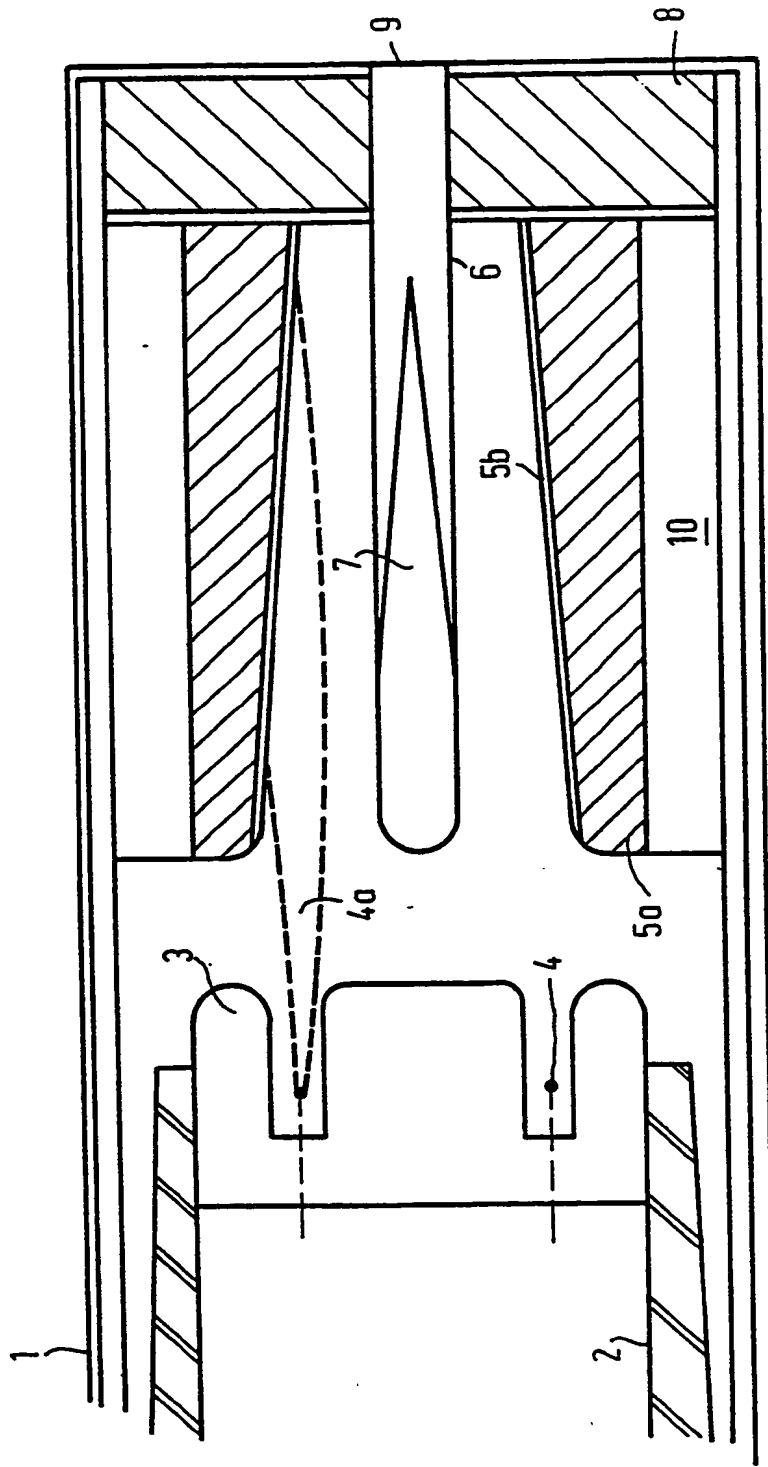
11. Strahlenquelle nach Anspruch 9,

dadurch gekennzeichnet, daß der Schirm (6) nach  
außen offen ist und daß der Körper (7) lösbar mit  
dem Schirm verbunden ist.

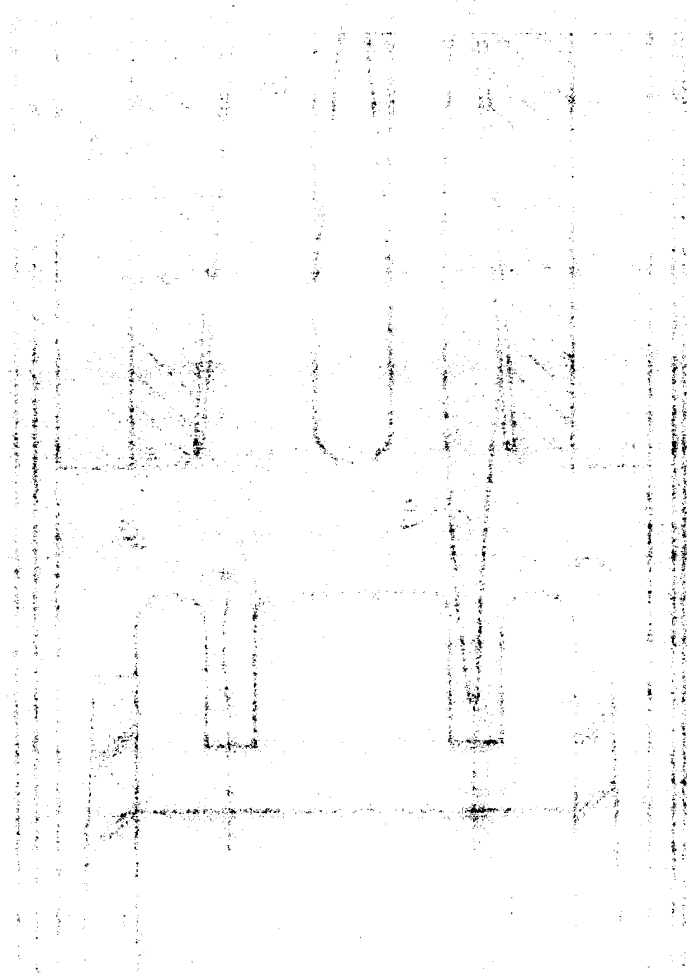
12. Strahlenquelle nach einem der vorherge-  
henden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, daß im Strahlenaustritt

ein Filter (9) aus einem Material angeordnet ist,  
dessen Absorptionskante zwischen der  $K\alpha$ - und der  
 $K\beta$ -Linie des Körpers liegt.



1.



12

# EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 88200941.8

61 Int. Cl.<sup>4</sup>: **H 01 J 35/02**  
 H 01 J 35/12, G 21 K 3/00

22 Anmeldetag: 11.05.88

30 Priorität: 18.05.87 DE 3716618

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
 23.11.88 Patentblatt 88/47

84 Benannte Vertragsstaaten: AT DE FR GB NL

88 Tag des später veröffentlichten Recherchenberichts:  
 19.04.89 Patentblatt 89/16

71 Anmelder: Philips Patentverwaltung GmbH  
 Wendenstrasse 35 Postfach 10 51 49  
 D-2000 Hamburg 1 (DE)

84 Benannte Vertragsstaaten: DE

71 Anmelder: N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken  
 Groenewoudseweg 1  
 NL-5621 BA Eindhoven (NL)

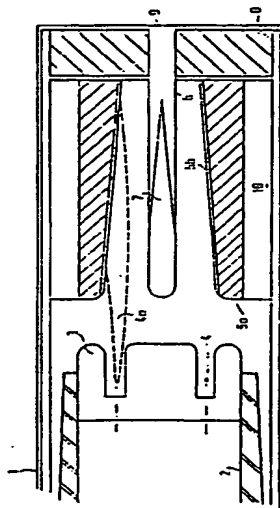
84 Benannte Vertragsstaaten: FR GB NL AT

72 Erfinder: Harding, Geoffrey, Dr.  
 Franzosenkoppel 110a  
 D-2000 Hamburg 53 (DE)

74 Vertreter: Hartmann, Heinrich, Dipl.-Ing. et al  
 Philips Patentverwaltung GmbH Wendenstrasse 35  
 Postfach 10 51 49  
 D-2000 Hamburg 1 (DE)

54 Strahlenquelle zur Erzeugung einer im wesentlichen monochromatischen Röntgenstrahlung.

57 Die Erfindung bezieht sich auf eine Fluoreszenz-Strahlenquelle, bei der eine einen Körper (7) umschließende Anode (5a, 5b) auf ihrer dem Körper zugewandten Seite von Elektronen (4a) getroffen wird und wobei die in der Anode (5a, 5b) erzeugte primäre Röntgenstrahlung in dem Körper (7) eine Fluoreszenzstrahlung erzeugt. Vorzugsweise ist der Körper (7) im Innern eines ihn umschließenden Schirms (6) angeordnet, der Streuelekttronen von dem Körper fernhält.





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 88 20 0941

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.4)
A	DE-A-2 029 141 (E.I. DU PORT DE NEMOURS AND CO.) * Seite 5, Zeile 9 - Seite 7, Zeile 6; Seite 8, Zeilen 6-24; Seite 18, Zeile 25 - Seite 19, Zeile 15; Figur 1 *	1-6	H 01 J 35/02 H 01 J 35/12 G 21 K 3/00
A	US-A-3 920 999 (GÜNTER DREXLER et al.) * Spalte 1, Zeilen 1-7; Spalte 2, Zeile 48 - Spalte 3, Zeile 19; Figur * & DE-A-2 259 382 (Kat. D,A)	1,2,9, 12	
A	NUCLEAR INSTRUMENTS AND METHODS, Band 100, Nr. 1, 1. April 1972, Seiten 107-119, North-Holland Publishing CO., J.L. CHARTIER et al.: "Production de rayonnements monochromatiques intenses" * Kapitel 1,2,4.6; Figuren 1,8,12 *	1,12	
A	FR-A-2 393 416 (NORTH AMERICAN PHILIPS CORP.) * Seite 2, Zeile 38 - Seite 4, Zeile 39; Figur *	1-4	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.4)
			H 01 J G 21 K
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 24-01-1989	Prüfer GNUGESSER H.M.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1503 03.82 (P0403)